

Docket No.: 2336-191

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of

YOO, Seung Jin *et al.*

U.S. Patent Application No. -----

Group Art Unit: -----

Filed: July 3, 2003

Examiner: -----

For: METHOD FOR MANUFACTURING VERTICAL GaN LIGHT EMITTING DIODES

CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

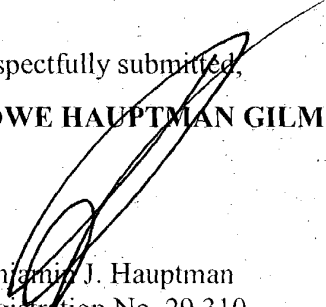
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicant hereby claims the priority of *Korean Patent Application No. 2003-35766, filed June 3, 2003* in the present application. The certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

LOWE HAUPTMAN GILMAN & BERNER, LLP


Benjamin J. Hauptman
Registration No. 29,310

1700 Diagonal Road, Suite 310
Alexandria, Virginia 22314
(703) 684-1111 BJH/klb
Facsimile: (703) 518-5499
Date: July 3, 2003



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 10-2003-0035766
Application Number

출원년월일 : 2003년 06월 03일
Date of Application JUN 03, 2003

출원인 : 삼성전기주식회사
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.



2003 년 06 월 13 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0004
【제출일자】	2003.06.03
【국제특허분류】	H01L 35/00
【발명의 명칭】	수직구조 질화갈륨계 발광다이오드의 제조방법
【발명의 영문명칭】	A METHOD OF PRODUCING VERTICAL GaN LIGHT EMITTING DIODES
【출원인】	
【명칭】	삼성전기 주식회사
【출원인코드】	1-1998-001806-4
【대리인】	
【성명】	손원
【대리인코드】	9-1998-000281-5
【포괄위임등록번호】	2002-047982-8
【대리인】	
【성명】	노세호
【대리인코드】	9-2001-000043-1
【포괄위임등록번호】	2002-047988-1
【발명자】	
【성명의 국문표기】	유승진
【성명의 영문표기】	Y00,Seung Jin
【주민등록번호】	740907-1226110
【우편번호】	450-080
【주소】	경기도 평택시 소사동 136-3
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김인응
【성명의 영문표기】	KIM, In Eung
【주민등록번호】	560421-1029618

【우편번호】	463-020
【주소】	경기도 성남시 분당구 수내동 벽산아파트 105-201
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	함헌주
【성명의 영문표기】	HAHM, Hun Joo
【주민등록번호】	651202-1009425
【우편번호】	463-480
【주소】	경기도 성남시 분당구 금곡동 청솔주공아파트 508-303
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박영호
【성명의 영문표기】	PARK, Young Ho
【주민등록번호】	690815-1224227
【우편번호】	442-380
【주소】	경기도 수원시 팔달구 원천동 원천주공아파트 103-408
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	나정석
【성명의 영문표기】	NA, Jeong Seok
【주민등록번호】	730625-1533419
【우편번호】	143-150
【주소】	서울특별시 광진구 군자동 2-33 B01호
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 손원 (인) 대리인 노세호 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	4 면 4,000 원

1020030035766

출력 일자: 2003/6/14

【우선권주장료】

0 건 0 원

【심사청구료】

10 항 429,000 원

【합계】

462,000 원

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】

【요약】

본 발명은 수직 구조를 갖는 GaN 발광다이오드의 제조방법에 관한 것으로서, 사파이어기판 상에, 제1 도전형 GaN 클래드층, 활성층 및 제2 도전형 GaN 클래드층이 순차적으로 배치된 발광구조물을 형성하는 단계와, 상기 사파이어기판 상에 제1 도전형 GaN 클래드층이 적어도 100Å의 두께로 잔류되도록 원하는 최종 발광다이오드의 크기에 따라 상기 발광구조물을 분리하는 단계와, 도전성 접착층을 이용하여 상기 발광구조물의 상면에 도전성 기판을 접합하는 단계와, 상기 발광구조물로부터 상기 사파이어기판이 분리되도록 상기 사파이어기판 하부에 레이저 빔을 조사하는 단계 - 여기서, 상기 상기 잔류한 제2 도전형 GaN 클래드층이 제거되어 상기 발광구조물이 최종 발광다이오드 크기로 완전히 분리됨-와, 상기 제1 도전형 클래드층의 양면 중 상기 사파이어 기판이 제거된 면과 상기 도전성 기판의 노출된 면에 제1 및 제2 콘택을 각각 형성하는 단계와, 상기 분리된 발광구조물에 따라 상기 도전성 기판을 절단하는 단계를 포함하는 GaN 발광 다이오드 제조방법을 제공한다.

본 발명에 따르면, 레이저를 이용하여 사파이어기판을 용이하면서도, 사파이어기판을 투과하는 레이저 빔에 의한 도전성 접착층이 용융되는 문제를 해결함으로써, 발광효율이 우수한 수직구조 질화갈륨 발광다이오드를 용이하게 제조할 수 있다.

【대표도】

도 3

【색인어】

수직구조 발광다이오드, GaN 발광다이오드, 사파이어기판, 레이저용융공정

【명세서】

【발명의 명칭】

수직구조 질화갈륨계 발광다이오드의 제조방법{A METHOD OF PRODUCING VERTICAL GaN LIGHT EMITTING DIODES}

【도면의 간단한 설명】

도1은 종래의 GaN 발광다이오드를 개략적으로 나타내는 측단면도이다.

도2는 본 발명의 방법에 따라 제조될 수 있는 수직구조 GaN 발광다이오드를 나타내는 개략 측단면도이다.

도3a-3f는 본 발명의 GaN 발광다이오드 제조방법을 설명하기 위한 각 단계별 공정 단면도이다.

<도면의 주요부분에 대한 부호설명>

21: 실리콘 기판 22: 반사층

24: 도전성 접착층 25a: p형 GaN 클래드층

25b: 활성층 25c: n형 GaN 클래드층

25: GaN 단결정 발광구조물 27,29: p형 콘택, n형 콘택

【발명의 상세한 설명】**【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

- <9> 본 발명은 수직구조 GaN 발광 다이오드 및 그 제조방법에 관한 것으로, 특히 낮은 열전도성을 갖는 절연성물질인 사파이어기판을 제거하고 실리콘기판과 같은 도전성 기판을 장착함으로써 휘도 및 신뢰성을 향상시킨 GaN 발광 다이오드 및 그 제조방법에 관한 것이다.
- <10> 일반적으로, 발광 다이오드(light emission diode: LED)는 전자와 홀의 재결합에 기초하여 발광하는 반도체소자로서, 광통신, 전자기기에서 여러 형태의 광원으로 널리 사용되고 있다. 상기 화합물 중 GaN는 청색 발광다이오드소자를 제조하는 화합물로서 각 광받는다.
- <11> 상기 발광 다이오드에서 발생하는 광의 주파수(혹은 파장)는 사용되는 반도체 재료의 밴드 갭 함수이다. 작은 밴드 갭에서는 낮은 에너지와 더 긴 파장의 광자를 발생하고, 더 짧은 파장의 광자를 발생하기 위해서는 더 넓은 밴드 갭을 가지는 재료가 요구된다.
- <12> 예를 들어, 레이저에 흔히 사용되는 AlGaInP물질은, 가시 스펙트럼의 적색부(약 600-700nm)에 해당한다. 반면에, 스펙트럼의 청색 또는 자외선 파장을 갖는 빛을 생성하기 위해서는 비교적 큰 밴드 갭을 가지는 반도체 재료인 실리콘 카바이드(SiC)와 III족

질화물계 반도체, 특히 질화 갈륨(GaN)이 있다. 단파장 LED는 색 자체 외에도, 광기록장치(optical storage)의 저장공간을 증가시킬 수 있다는 장점(적색광에 비해 약 4배 증가 가능)을 갖고 있다.

<13> 이와 같은 청색광을 위한 III족 질화물계 화합물 반도체 중 GaN는 다른 III족 질화물계와 마찬가지로, 벌크 단결정체를 형성할 수 있는 실용가능한 기술이 없다. 따라서, GaN결정의 성장을 적합한 기판을 사용하여야 한다. 이와 같은 GaN결정을 위한 성장기판으로는 사파이어, 즉 알루미늄 옥사이드(Al_2O_3) 기판이 대표적이다.

<14> 하지만, 사파이어기판은 절연성 기판을 사용함으로써, GaN계 발광 다이오드의 구조에 있어서 큰 제약을 받는다. 도1에 도시된 종래의 GaN계 발광 다이오드의 구조를 통해 구체적으로 설명하기로 한다.

<15> 도1은 종래의 GaN 발광다이오드의 측단면도이다. GaN 발광 다이오드(10)는 사파이어 성장 기판(11)과 그 사파이어 기판(11) 상에 형성된 GaN 발광구조물(15)을 포함한다.

<16> 상기 GaN 발광구조물(15)은 상기 사파이어 기판 상에(11) 순차적으로 형성된 n형 GaN 클래드층(15a)과 다중양자우물(Multi-Quantum Well)구조의 활성층(15b)과 p형 GaN 클래드층(15c)로 구성된다. 상기 발광구조물(15)은 MOCVD 등의 공정을 이용하여 성장될 수 있다. 이 때, n형 GaN 클래드층(15a)을 성장하기 전에 사파이어기판(11)과의 격자정합을 향상시키기 위해, AlN/GaN으로 이루어진 버퍼층(미도시)을 형성할 수도 있다.

<17> 또한, 소정의 영역에 해당하는 p형 GaN 클래드층(15c)과 활성층(15b)을 건식에칭하여 n형 GaN 클래드층(15a) 일부 상면을 노출시키고, 그 노출된 n형 GaN 클래드층(15a) 상면과 p형 클래드층(15c) 상면에 각각 소정의 전압을 인가하기 위한 n형 콘택(19)과 p형 콘택(17)을 형성한다. 일반적으로 전류주입면적을 증가시키면서도 휘도에 악영향을 주지 않기 위해서, n형 클래드층(13) 상면에는 p형 콘택(17)을 형성하기 전에 투명전극(transparent electrode: 16)을 형성할 수도 있다.

<18> 이와 같이, 종래의 GaN 발광다이오드(10)는 절연물질인 사파이어 기판(11)을 사용하기 때문에, 두 콘택(17,19)이 거의 수평한 방향으로 형성될 수 밖에 없다. 따라서, 전압인가시에 n형 콘택(19)으로부터 활성층(15b)를 통해 p형 콘택(17)으로 향하는 전류흐름이 수평방향을 따라 협소하게 형성될 수 밖에 없다. 이러한 협소한 전류흐름으로 인해, 상기 발광 다이오드(10)는 순방향 전압(V_f)이 증가하여 전류효율이 저하되며, 정전기방전(electrostatic discharge)효과가 취약하다는 문제가 발생된다.

<19> 또한, 종래의 GaN 발광다이오드(10)에서는, 전류밀도의 증가에 의해 열발생량이 크고, 반면에 사파이어 기판(11)의 낮은 열전도성에 의해 열방출이 원활하지 못하므로, 열 증가에 따라 사파이어기판(11)과 GaN 발광구조물(15) 간에 기계적 응력이 발생하는 소자가 불안정해질 수 있다.

<20> 나아가, 종래의 GaN 발광다이오드(10)에서는, n형 콘택(19)을 형성하기 위해서, 적어도 형성할 콘택(19)의 면적보다 크게 활성층(15b)의 일부영역을 제거하여야 하므로, 발광면적이 감소되어 소자크기 대 휘도에 따른 발광효율이 저하된다는 문제도 있다.

<21> 이러한 문제를 해결하기 위해서, 수직 구조를 갖는 발광다이오드가 요구된다. 하지만, 수직구조를 갖는 발광다이오드는 발광다이오드의 상하면에 콘택층을 형성하기 위해서, 사파이어기판을 제거하는 공정이 수반되어야 한다.

<22> 하지만, 사파이어기판을 제거하는 공정은 사파이어기판의 기계적 강도가 크므로, 기계적 연마를 통한 제거에는 한계가 있으며, 레이저 빔을 이용한 분리기술도 실질적으로 사파이어기판과 단결정 GaN 발광구조물의 열팽창계수 및 격자부정합으로 인해 레이저 빔 조사과정에서 상기 GaN 결정면이 손상되는 문제가 발생할 수 있다.

<23> 이를 보다 상세히 설명하면, 사파이어 기판을 분리하기 위해, 레이저 빔을 사파이어 기판의 하면에 조사할 때에, 사파이어 기판과 GaN 단결정층의 열팽창계수와 격자부정합으로 인해 잔류 응력이 발생한다. 즉, 사파이어의 열팽창계수는 약 $7.5 \times 10^{-6}/K$ 인데 반하여, GaN 단결정은 약 $5.9 \times 10^{-6}/K$ 이며, 약 16%의 격자부정합을 가지며, GaN/AlN버퍼층형성하는 경우에도, 수 %의 격자부정합이 발생하므로, 이로 인해, 레이저 빔에 의한 열발생시에, 사파이어기판과 GaN 단결정층의 표면에서는 각각 큰 압축응력과 인장응력이 발생된다. 특히, 레이저 빔의 조사면적이 협소하여(최대 $10mm \times 10mm$), 사파이어 기판에 부분적으로 수회 반복하는 방식으로 실행되므로, 응력발생문제는 보다 심각해져, GaN 단결정층의 표면을 도2b와 같이 크게 손상시킬 수 있다.

<24> 결국, 이러한 손상된 단결정면은 최종적인 GaN 발광 다이오드의 전기적 특성을 크게 저하시키게 된다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

- <25> 본 발명은 상기 문제점을 해결하기 위해서 안출된 것으로, 그 목적은 안정적으로 사파이어 기판과 질화갈륨 발광구조물을 분리함으로써, 휘도 및 소자의 신뢰성을 향상시킬 수 있는 새로운 구조의 GaN 청색 발광 다이오드의 제조방법을 제공하는데 있다.

【발명의 구성 및 작용】

- <26> 상기 기술적 과제를 달성하기 위해서, 본 발명은,
- <27> 사파이어기판 상에, 제1 도전형 GaN 클래드층, 활성층 및 제2 도전형 GaN 클래드층이 순차적으로 배치된 발광구조물을 형성하는 단계와, 상기 사파이어기판 상에 제1 도전형 GaN 클래드층이 적어도 100Å의 두께로 잔류되도록 원하는 최종 발광다이오드의 크기에 따라 상기 발광구조물을 분리하는 단계와, 도전성 접착층을 이용하여 상기 발광구조물의 상면에 도전성 기판을 접합하는 단계와, 상기 발광구조물로부터 상기 사파이어기판이 분리되도록 상기 사파이어기판 하부에 레이저 빔을 조사하는 단계 - 여기서, 상기 상기 잔류한 제2 도전형 GaN 클래드층이 제거되어 상기 발광구조물이 최종 발광다이오드 크기로 완전히 분리됨-와, 상기 제1 도전형 클래드층의 양면 중 상기 사파이어 기판이 제거된 면과 상기 도전성 기판의 노출된 면에 제1 및 제2 콘택을 각각 형성하는 단계와, 상기 분리된 발광구조물에 따라 상기 도전성 기판을 절단하는 단계를 포함하는 GaN 발광 다이오드 제조방법을 제공한다.

- <28> 바람직하게는 상기 발광구조물을 1차 분리할 때에 잔류하는 상기 제1 도전형 클래드층의 두께는 약 $2\mu\text{m}$ 이하일 수 있으며 보다 바람직하게는 약 $1\mu\text{m}$ 이하일 수 있다.
- <29> 또한, 본 발명의 바람직한 실시형태에서는, 소자의 상부로 향하는 빛의 휘도를 향상시키기 위해, 상기 제2 도전형 GaN 클래드층과 도전성 접착층 사이에 형성된, 도전성 물질로 이루어진 반사층을 더 포함할 수 있다. 이러한 반사층으로는, Au, Ni, Ag, Al 및 그 합금으로 구성된 그룹으로부터 선택된 물질을 사용할 수 있다.
- <30> 나아가, 상기 도전성 기판으로는, 실리콘, 게르마늄, 및 GaAs를 포함하는 그룹으로부터 선택된 물질로 사용하는 것이 바람직하며, 상기 도전성 접착층으로는 Au-Sn, Sn, In, Au-Ag, Ag-In, Ag-Ge, Ag-Cu 및 Pb-Sn을 포함하는 그룹으로부터 선택된 물질을 사용하는 것이 바람직하다.
- <31> 또한, 본 발명에서는, 보다 우수한 전류밀도분포를 얻기 위해서, 상기 제1 도전형 GaN 클래드층을 n형 불순물이 도핑된 GaN 결정층으로 형성하고, 상기 제2 도전형 클래드층을 p형 불순물이 도핑된 GaN 결정층으로 형성하는 것이 바람직하다.
- <32> 또한, 상기 도전성 접착층을 이용하여 도전성 기판을 접착하는 단계는, 도전성 접착층을 미리 도전성 기판의 하면에 형성하여 접합할 수도 있으며, 상기 발광구조물 상면에 형성한 뒤에 도전성 기판을 접합하는 방식을 사용할 수도 있다.

<33> 이와 같이, 본 발명에 따른 수직구조 GaN 발광다이오드 제조방법은 GaN 단결정 발광구조물을 사파이어기판 상에서 성장시키고, 그 사파이어 기판의 위치한 반대면에 실리콘 기판과 같은 도전성 기판을 도전성 접착층을 이용하여 접합시킨 후에 레이저 빔을 이용하여 사파이어기판을 제거함으로써 보다 용이하게 수직구조 발광다이오드를 형성할 수 있다.

<34> 또한, 본 발명에 따른 수직구조 GaN 발광다이오드 제조방법에서는, 발광구조물을 발광다이오드 크기로 분리하는 단계에서 적어도 100Å 두께의 제1 도전형 GaN 클래드층의 일부가 사파이어기판 상에 잔류시킴으로써 레이저 빔을 이용한 사파이어기판의 분리 단계에서 그 사파이어 기판을 투과하여 상기 도전성 접착층을 용융시키는 문제를 방지할 수 있다.

<35> 이 때에 잔류한 제1 도전형 GaN 클래드층은 레이저 빔을 조사하여 사파이어기판을 분리하는 과정에서 필연적으로 발생하는 기계적 충격으로 제거될 수 있다. 따라서, 잔류한 제1 도전형 GaN 클래드층은 미세한 기계적 충격에도 제거될 수 있도록, 바람직하게는 약 2 μ m이하의 두께를 가지며, 보다 바람직하게는 약 1 μ m이하의 두께를 가질 수 있다.

<36> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세히 설명하기로 한다.

<37> 도2는 본 발명의 방법에 따라 제조된 GaN 발광 다이오드(40)의 측단면도이다.

<38> 상기 GaN 발광 다이오드(20)는 p형 GaN 클래드층(25a), 활성층(25b) 및 n형 GaN 클래드층(25c)을 포함하는 발광구조물(25)을 포함하며, 선택적으로 상기 p형 GaN 클래드층(25a)하면에 형성된 반사층(22)을 포함할 수 있다. 상기 반사층(22)은 도전성 접착층(24)을 이용하여 실리콘 기판(21)과 접착된다. 상기 반사층(22)은 소자 상면으로 향하는 유효휘도를 향상시키기 위한 층으로서, 반사율이 높은 금속으로 이루어질 수 있다. 바람직하게는, 상기 반사층(22)은 Au, Ni, Ag, Al 및 그 합금으로 구성된 그룹으로부터 선택된 물질로 이루어질 수 있다.

<39> 또한, 상기 반사층(22)하면에는 상기 도전성 접착층(24)이 형성된다. 본 발명에 따른 GaN 단결정인 발광구조물(25)은 사파이어기판 상에 성장되나, 사파이어기판측의 반대면에 도전성 기판을 부착하고, 사파이어기판을 제거하는 공정으로 통해 도2에 도시된 GaN 발광 다이오드(20)와 같이 수직구조로 구현된다.

<40> 이를 구현하기 위해서, 실리콘 기판(21)을 부착하기 위해 도전성 접착층(24)이 사용된다. 본 발명에서 사용되는 도전성 접착층(24)은 접착성을 갖는 도전성 물질이어야 한다. 이러한 재료로는 Au-Sn, Sn, In, Au-Ag, Ag-In, Ag-Ge, Ag-Cu 및 Pb-Sn을 포함하는 그룹으로부터 선택된 금속 접합재를 사용하는 것이 바람직하다. 이와 같이, 도전성 접착층(24)을 구성하는 물질은 금속 또는 합금으로 이루어지므로, 비교적 높은 반사도를 갖는다. 따라서, 상기 반사층(22)이 생략하더라도, 본 발명에서는 도전성 접합층(24)의 반사도에 의해 휘도를 향상시킬 수 있는 효과도 있다.

- <41> 본 실시형태와 같이, 도전성기판으로 실리콘 기판(41)을 사용할 수 있다. 하지만, 본 발명에서는 절연성 기판인 사파이어 기판과 달리 도전성 기판이면 만족한다. 본 발명에서 사용될 수 있는 도전성 기판으로는 실리콘, 게르마늄, SiC, ZnO, 다이아몬드 및 GaAs 등이 있을 수 있다.
- <42> 이와 같이, 본 실시형태에 따른 발광 다이오드(20)는 상하부가 전기적으로 도통될 수 있는 구조를 갖는다. 따라서, 상기 실리콘 기판(21)의 하면과 n형 GaN 클래드층(25c)의 상면 일부에는 각각 p형 컨택(27)과 n형 컨택(29)을 형성함으로써 도2와 같은 수직 구조 GaN 발광 다이오드가 완성된다.
- <43> 본 실시형태에 따른 GaN 발광 다이오드(20)는 종래의 수평구조보다 여러가지 잇점을 제공한다. 우선, 사파이어기판 대신에 실리콘 기판(21)을 사용함으로써 열방출효과가 양호해지고, 전류흐름도 종래의 수평구조 발광다이오드보다 넓은 면적을 통해 형성되어 순방향 전압(V_f)을 감소시킬 수 있으며, 정전기 방전효과도 향상시킬 수 있다.
- <44> 또한, 공정측면에서는, 전류밀도분포를 충분히 개선할 수 있으므로, 투명전극의 형성공정이 필요하지 않으며, 견고한 사파이어기판이 제거되므로, 개별 소자 단위로 절단하는 공정이 간소해질 수 있다. 한편, LED의 휘도측면에서도, 종래의 수평구조 발광다이오드와 달리, 활성층의 일부를 식각하는 공정이 요구되지 않으므로, 넓은 발광면적을 확보할 수 있어 휘도를 보다 향상시킬 수 있다는 잇점이 있다.

<45> 이하, 도3a 내지 3f를 참조하여 본 발명의 수직구조 GaN 발광다이오드 제조방법을 보다 상세히 설명한다.

<46> 도3a 내지 도3f는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 수직구조 GaN 발광다이오드 제조방법을 설명하기 위한 각 단계별 측단면도이다.

<47> 도3a를 참조하면, 사파이어 기판(121) 상에 GaN 단결정층으로 이루어진 발광 구조물(125)이 형성되어 있다. 상기 발광구조물(125)을 구성하는 GaN 단결정층은 n형 GaN 클래드층(125a), 활성층(125b) 및 p형 GaN 클래드층(125c)을 포함한다. 도3a에는 도시되지 않았으나, 보다 높은 반사효과를 얻기 위해서 반사율이 높은 Au, Ni, Ag, Al 또는 그 합금으로 이루어진 반사층을 도3a의 단계에서 발광구조물(125) 상면에 추가적으로 형성할 수도 있다.

<48> 이어, 도3b와 같이, n형 GaN 클래드층(125a)가 적어도 약 100Å의 두께(t)로 잔류하도록 상기 발광구조물(125)을 단위 발광다이오드의 크기(S)로 1차 분리한다. 이러한 1차분리공정은 도시된 바와 같이, 사파이어분리단계에서 적용되는 레이저빔에 의한 응력 발생이 최소화되도록, 상기 발광구조물(125')을 최종적인 발광 다이오드에 상응하는 크기로 분리하되, 그 발광구조물(125') 사이에 적어도 100Å의 두께를 갖는 n형 GaN 클래드층의 잔류부분(125"a)이 사파이어기판(121) 상에 형성되도록 완전히 분리하지는 않는다.

<49> 상기 잔류한 n형 GaN 클래드층(125'a)은 후속되는 사파이어 기판(도3d의 121)을 분리하기 위해 레이저빔을 사파이어기판(121)의 후면에 조사할 때에, 그 기판을 투과한 레이저빔에 의한 악영향을 방지하는 차단막으로서 작용한다. 이에 대한 상세한 설명은 후술하기로 한다.

<50> 다음으로, 도3c와 같이, 도전성 접착층(124)을 이용하여 도전성 기판(131)을 1차 분리된 발광구조물(125') 상면에 접합시킨다. 본 단계에서 상기 도전성 접착층(124)은 도전성 기판(131)의 하면에 형성한 후에 그 면을 발광구조물(125: 정확히 표현하면 p형 GaN 클래드층(125'c))상에 접합하는 방식으로 구현될 수도 있으며, 이와 달리, 도전성 접착층(124)을 도전성 기판(131)의 접합면에 미리 형성한 후에 상기 도전성 기판(131)을 발광구조물(125') 상면에 배치하는 방식으로 구현될 수도 있다. 여기서 사용되는 도전성 접착층(124) 물질로는 Au-Sn, Sn, In, Au-Ag, Ag-In, Ag-Ge, Ag-Cu 또는 Pb-Sn를 사용할 수 있다. 상기 예시된 도전성 접착층(124)을 구성하는 물질은 비교적 높은 반사율을 갖는 금속/합금이므로, 별도의 반사층(도2의 22)을 사용하지 않아도 소정의 반사층 효과를 기대할 수 있다.

<51> 또한, 본 단계를 통해 도3b에서 불완전하게 분리된 발광구조물(125')은 이후 사파이어 기판(121)이 분리된 후에도 안정된 상태로 정렬될 수 있다. 따라서, 콘택형성과 같은 후속공정에서도 정렬된 상태로 마스크 등을 이용하여 용이하게 실행될 수 있다.

<52> 이어, 도3d와 같이, 사파이어 기판(121)의 하부에 레이저 빔을 조사하여 불완전하게 분리된 각 발광구조물(125')로부터 상기 사파이어 기판(121)을 분리시킨다. 상기 레이저 빔은 사파이어기판(121)을 투과하여 그와 접한 n형 GaN 클래드층부분을 Ga과 질소(N_2)로 분리시키고, 소정의 온도로 가열하여 Ga를 용융시킴으로써 상기 발광구조물(125')로부터 사파이어기판(121)을 용이하게 분리시킬 수 있다.

<53> 본 단계에서 사용되는 레이저빔은 사파이어기판(121)을 투과하여 도전성 집착층(124)을 용융시킬 수 있다. 만약 레이저빔에 의해 도전성 집착층(124)이 용융되면, 상기 도전성 기판(131)과 발광구조물(125')의 접착력이 약해져 분리될 수 있는 문제가 발생할 수 있다. 따라서, 본 발명에서는, 사파이어기판(121)을 투과하는 레이저 빔이 상기 도전성 집착층(124)에 도달하는 것을 방지하기 위해, 도3a의 단계에서, 발광구조물(124)을 완전하게 분리하지 않고, n형 GaN 클래드층의 잔류부분(125"a)을 적어도 약 100Å의 두께로 형성한다. 이와 같이 사파이어기판을 투과한 레이저빔을 차단하기 위한 n형 GaN 클래드층 잔류부분(125"a)의 두께는 적어도 약 100Å 두께로 하여야 한다.

<54> 이와 같이 발광구조물(125') 사이에 n형 GaN 클래드층 잔류부분(125"a)이 존재하더라도, 그 두께(t)는 상대적으로 매우 얇으므로, 사파이어기판(121)과의 계면의 응력은 그 잔류부분(125"a)을 분쇄하는데 소모된다. 따라서, 각 발광구조물(125')의 계면에서

발생되는 실질적인 응력은 그 발광구조물(125')의 감소된 면적(S)에만 작용하게 되어, 실질적으로 발광구조물에 미치는 응력을 감소시킬 수 있다.

<55> 또한, 상기 n형 GaN 클래드층의 잔류부분(125'a)은 기계적으로 분쇄되어 제거되므로, 불완전하게 분리된 발광구조물(125')을 개별 발광다이오드의 크기로 완전하게 분리시키는 셀프-다이싱(self-dicing)효과를 얻을 수 있다.

<56> 이러한 응력의 감소 및 셀프다이싱 효과를 얻기 위해서, 도3a의 단계에서 잔류시키는 n형 GaN 클래드층(125'a)의 두께는 레이저빔 조사량 및 시간 등에 의해 다소 달라질 수 있으나, 바람직하게는 약 $2\mu\text{m}$ 이하, 보다 바람직하게는 약 $1\mu\text{m}$ 이하의 두께를 갖는 것이 적합하다.

<57> 다음으로, 도3e와 같이, 상기 결과물의 양면에 컨택형성공정을 실시한다. 도3e는 도3d의 결과물을 상하가 반전된 상태로 도시한 것이다. 여기서 컨택형성공정은 개별 발광구조물(125)인 n형 GaN 클래드층(125a)의 상면과 도전성 기판(131)의 하면에 대해 실시된다. 다만, n형 GaN 클래드층(125a)의 상면에 형성되는 n형 컨택(139)은 마스크를 이용하여 일부영역(일반적으로 상면의 중앙)에만 선택적으로 형성되며, p형 컨택(137)은 배면전극으로서 도전성 기판(131) 하면에 대해 전체적으로 형성될 수 있다.

<58> 최종적으로, 도3f와 같이, 도3e 공정의 결과물을 개별 발광 다이오드의 크기, 즉 분리된 발광구조물(125')의 크기로 절단하여 최종적인 수직구조 GaN 발광 다이오드(130)

를 얻을 수 있다. 일반적으로 도전성기판(131)은 사파이어기판(121)에 비해 강도가 작은 실리콘기판 등이 사용되므로, 통상의 절단공정을 통해 용이하게 절단될 수 있다.

<59> 이와 같이, 본 발명은 상술한 실시형태 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 첨부된 청구범위에 의해 한정하고자 하며, 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 형태의 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것은 당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게는 자명할 것이다.

【발명의 효과】

<60> 상술한 바와 같이, 본 발명의 GaN 발광 다이오드 제조방법에 따르면, 레이저를 이용하여 사파이어기판을 용이하면서도, 사파이어기판을 투과하는 레이저 빔에 의한 도전성 접착층이 용융되는 문제를 해결함으로써, 발광효율이 우수한 수직구조 질화갈륨 발광 다이오드를 용이하게 제조할 수 있다.

<61>

【특허청구범위】**【청구항 1】**

사파이어기판 상에, 제1 도전형 GaN 클래드층, 활성층 및 제2 도전형 GaN 클래드층이 순차적으로 배치된 발광구조물을 형성하는 단계;

상기 사파이어기판 상에 제1 도전형 GaN 클래드층이 적어도 100Å의 두께로 잔류되도록 원하는 최종 발광다이오드의 크기에 따라 상기 발광구조물을 분리하는 단계;

도전성 접착층을 이용하여 상기 발광구조물의 상면에 도전성 기판을 접합하는 단계;

상기 발광구조물로부터 상기 사파이어기판이 분리되도록 상기 사파이어기판 하부에 레이저 빔을 조사하는 단계 - 여기서, 상기 잔류한 제2 도전형 GaN 클래드층이 제거되어 상기 발광구조물이 최종 발광다이오드 크기로 완전히 분리됨-;

상기 제1 도전형 클래드층의 양면 중 상기 사파이어 기판이 제거된 면과 상기 도전성 기판의 노출된 면에 제1 및 제2 컨택을 각각 형성하는 단계; 및

상기 분리된 발광구조물에 따라 상기 도전성 기판을 절단하는 단계를 포함하는 GaN 발광 다이오드 제조방법.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 발광구조물을 분리하는 단계에서 잔류한 상기 제1 도전형 클래드층의 두께는 약 2 μ m이하인 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드 제조방법.

【청구항 3】

제1항에 있어서,

상기 발광구조물을 분리하는 단계에서 잔류한 상기 제1 도전형 클래드층의 두께는 약 $1\mu\text{m}$ 이하인 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드 제조방법.

【청구항 4】

제1항에 있어서,

상기 발광구조물을 형성하는 단계는,

상기 제2 도전형 GaN 클래드층 상에 도전성 물질로 이루어진 반사층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드 제조방법.

【청구항 5】

제4항에 있어서,

상기 반사층은,

Au, Ni, Ag, Al 및 그 합금으로 구성된 그룹으로부터 선택된 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드 제조방법.

【청구항 6】

제1항에 있어서,

상기 발광구조물의 상면에 도전성 기판을 접합하는 단계는,

상기 도전성 기판의 하면에 상기 도전성 접착층을 형성하는 단계와,

상기 도전성 기판의 상기 하면과 상기 발광구조물의 노출된 상면을 접합시키는 단계로 이루어진 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드 제조방법.

【청구항 7】

제1항에 있어서,

상기 발광구조물의 상면에 도전성 기판을 접합하는 단계는,

상기 발광구조물의 상면에 상기 도전성 접착층을 형성하는 단계와,

상기 도전성 기판을 상기 발광구조물의 상면에 접합시키는 단계로 이루어진 것을
특징으로 하는 GaN 발광 다이오드 제조방법.

【청구항 8】

제1항에 있어서,

상기 도전성 기판은,

실리콘, 게르마늄, SiC, ZnO, 다이아몬드 및 GaAs로 구성된 그룹으로부터 선택된
물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드 제조방법.

【청구항 9】

제1항에 있어서,

상기 도전성 접착층은,

Au-Sn, Sn, In, Au-Ag, Ag-In, Ag-Ge, Ag-Cu 및 Pb-Sn으로 구성된 그룹으로부터 선
택된 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드 제조방법.

【청구항 10】

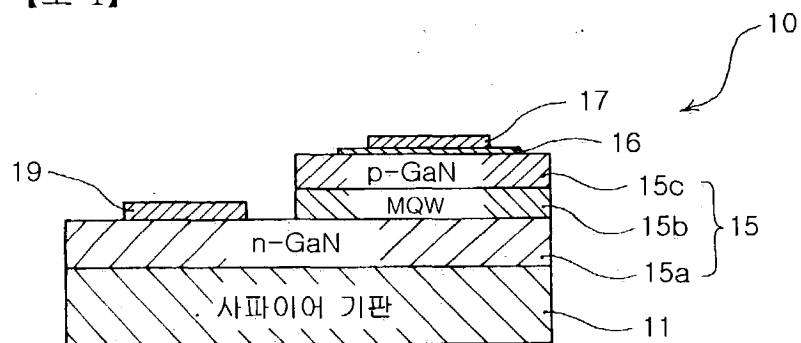
제1항에 있어서,

상기 제1 도전형 GaN 클래드층은 n형 불순물이 도핑된 GaN 결정층이며,

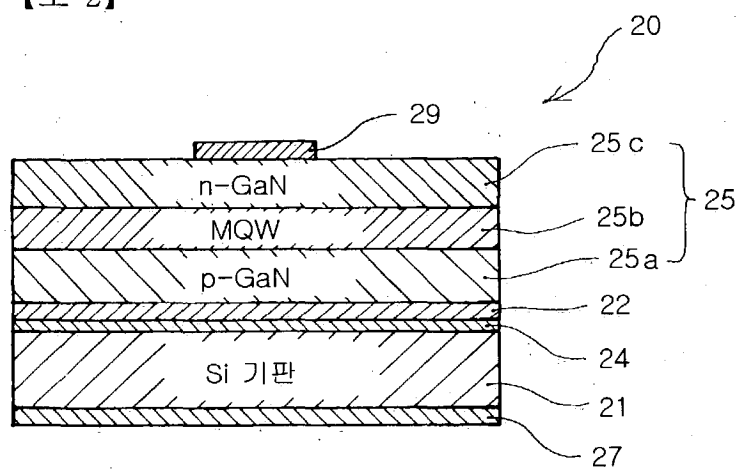
상기 제2 도전형 클래드층은 p형 불순물이 도핑된 GaN 결정층인 것을 특징으로 하는 GaN 발광 다이오드 제조방법.

【도면】

【도 1】



【도 2】



【도 3】

